全频段调频天线系统及多工器改造

董 伟
（白山市电视转播台，吉林 白山 134300）

摘 要：为了更好地利用天线塔空间资源，避免天线空间距离过近造成互相干扰，影响发射机的性能。本文根据实际调频天线系统改造的设计和实施过程，对实际遇到的问题进行分析和探讨，并对相关改造工作提出了建议。

关键词：调频天线系统；多工器；阻抗匹配　　**中图分类号：**TN946　　**文献标识码：**A
文章编号：1671-0134（2022）04-147-04　　DOI：10.19483/j.cnki.11-4653/n.2022.04.044
本文著录格式：董伟 . 全频段调频天线系统及多工器改造 [J]. 中国传媒科技，2022（04）：147-150.

1. 概况

白山市电视转播台现转播 10 套广播节目，都是采用模拟发射机进行发射，其中除吉林经济、吉林旅游、吉林交通三部发射机通过三工器共用一部天线外，其余发射机都为独立天线。铁塔上先后安装了 10 余副调频天线，部分天线超过设计年限，功率容量下降，驻波比变大，覆盖效果变差，不同频率天线位置过近造成串扰等问题。无法满足今后多工技术要求和播出数字广播 CDR 条件。需要将之前的 10 副天线改成使用多工器共用天线发射。天线数量减少，高度升高有利于提升覆盖效果，并留有扩容空间。

2. 总体思路

经过技术部门开会讨论，决定新增两副全频段调频天线，10 部发射机通过两部多工器实现两副天线播发射 10 套节目。原铁塔三平台下两层四面双偶极子天线和一平台下垂直极化单偶极子天线分别作为两部多工器的备用天线。以达到主馈和两副天线的独立备份的目的，拆除多余天线，为后续发展腾出空间。[1]

3. 技术方案和创新成果

3.1 天线

3.1.1 天线选型

第一，天线极化方式。天极化方式主要有椭圆极化、线极化、圆极化三种，发射天线的极化方式选用直接影响接收天线的放置。多数汽车接收天线采用斜拉以减小风阻，有些采用水平放置。圆极化天线对接收天线放置要求不大，拥有较强抗邻频干扰能力，但在完成垂直极化分量和水平极化分量馈电过程中加速天线衰耗。垂直极化天线在大功率条件下无法满足全频带要求。

相比较之下，水平极化方式是最佳选择。

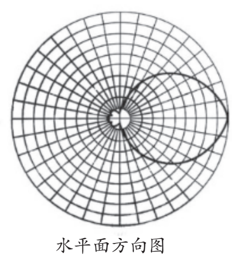
第二，明确天线重要参数。通过波束下倾和零点补偿提升天线的辐射效率。设置一个合理的天线主向角度，通过公式 $\theta=0.0278\sqrt{h}$ 计算，其中 h 为天线距离地面高度。为了保证各区接收质量，通过对每根分馈线及振子设定特定的长度及相位，来进行填充和补偿零点获得更佳的覆盖效果。

按照吉林省广播节目无线覆盖工程实施要求，天线系统在全频段工作频率上的驻波比应≤ 1.15，天线选用 8 片双偶极子水平极化调频发射天线组成两层四面双偶极子反射板天线阵列，功率容量为 16kw，增益优于原天线，系统在带宽大于 19MHZ 时，驻波比≤ 1.10，满足多频率多工使用。系统主馈选用 SDY-50-80 空心充气馈线，通过 1/8 功分器平均分配给 8 根 50-12 设计有足够冗余。[2]

3.1.2 天线的技术指标

1. 频率范围：87.5MHZ-108MHZ
2. 单元板输入接口：L29
3. 驻波比：S ≤ 1.10
4. 特性阻抗：50Ω
5. 额定功率：16kw
6. 增益：7.1dBd
7. 极化方式：水平极化

单元板天线场型图如下。


水平面方向图

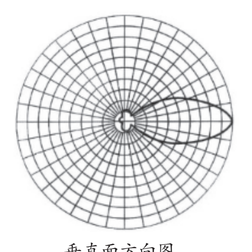

垂直面方向图

图 1　单元板天线场型图

该天线振子和反射板采用不锈钢材质，耐腐蚀，不易变形，连接螺栓、螺母等配件采用热镀锌工艺，结构简单结实耐用，可在大风、雨雪等恶劣天气下稳定工作。[3]

3.2 多工器

3.2.1 多工器的设计

多工器是实现多部发射机共用一套天馈线的装置。

目前常用调频多工器有两类——星型结构和桥式结构。[4] 星型结构简单，价格低廉，但由于只通过滤波器对射频信号进行隔离，致使要求的两个射频载波的间距较大，否则隔离度达不到要求的指标无法使用。基于白山市电视转播台频点较多，有些载波的间距较小，所以采用桥式结构为宜。[5]

桥式双工器基本原理。桥式双工器有两个 3dB 定向耦合器（D1、D2）、两个带通滤波器（B1、B2）、均衡负载及其连接的馈管组成。

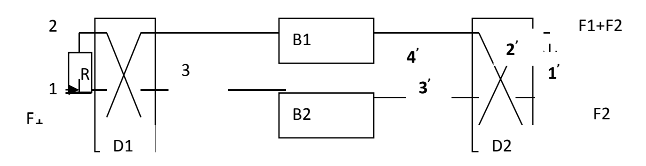


图 2 桥式双工器基本原理图

射频信号 F1 由 D1 的 1 端口窄带口输入，在 3 端和 4 端输出各一半功率的信号，其中 3 端口与 1 端同相位，4 端口比 1 端口滞后 90 度，通过带通滤波器 B1，B2 到达 3' 端和 4' 端，4' 端与 2' 同相位，3' 端经过 90 度延时到达 2' 端，对于 F1 信号正好在 2' 端完成同相位合成。同理，F2 信号在 1' 端输入，在 3' 端和 4' 端各输出一半功率的 F2 信号，经过带通滤波器的全反射，在 2' 端完成合成 F2，于是，在 2' 端合成了 F1+F2。

实际上 B1、B2 并不会完全对 F2 全反射，有一部分泄露到 D1 的 3、4 端，在 2 端口相加后被 R 电阻吸收，不会串到端口 1 对 F1 造成串扰。

本次选用的六工器从结构上讲是桥式双工器的级联。为保证隔离度达到要求的指标接入多工器的频点进行和合理分配，系统原理图如下。

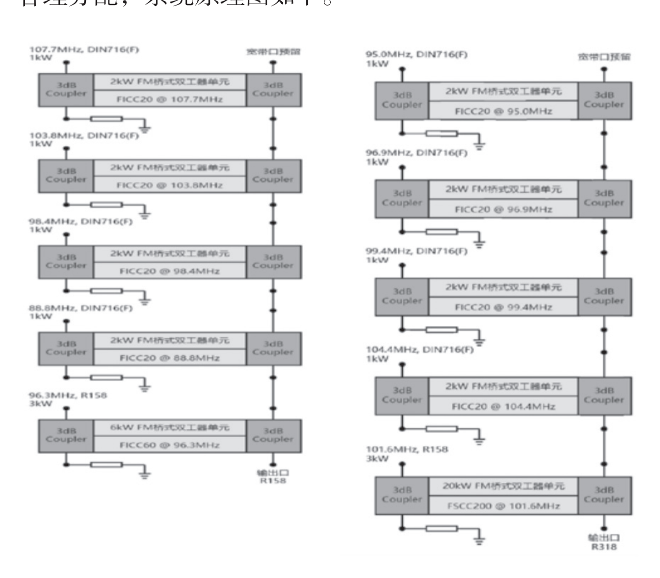


图 3 系统原理图

两部六工器都预留了宽带口，留有功率容量，为以后扩容提供了条件。

3.2.2 多工器的施工

第一，工程人员拆去产品各组件和部件的外包装。工程人员需要注意对产品表面的保护，避免磕碰、划伤等物理损坏。严格按照产品手册进行组装。

第二，产品组装恢复后，工程组应对产品进行现场测试，得到产品的现场技术指标。将现场技术指标同用户手册中的出厂技术指标相对照，查看两次测得的结果是否吻合。如结构差异较大，通过对多工器调整，使结果吻合。下图为多工器部分实物图。

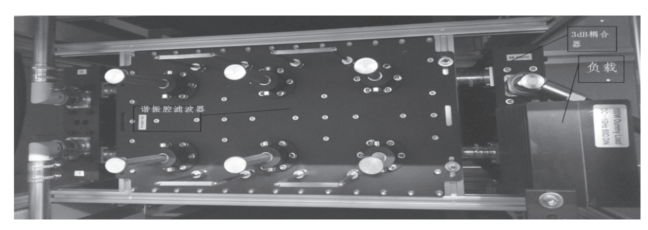
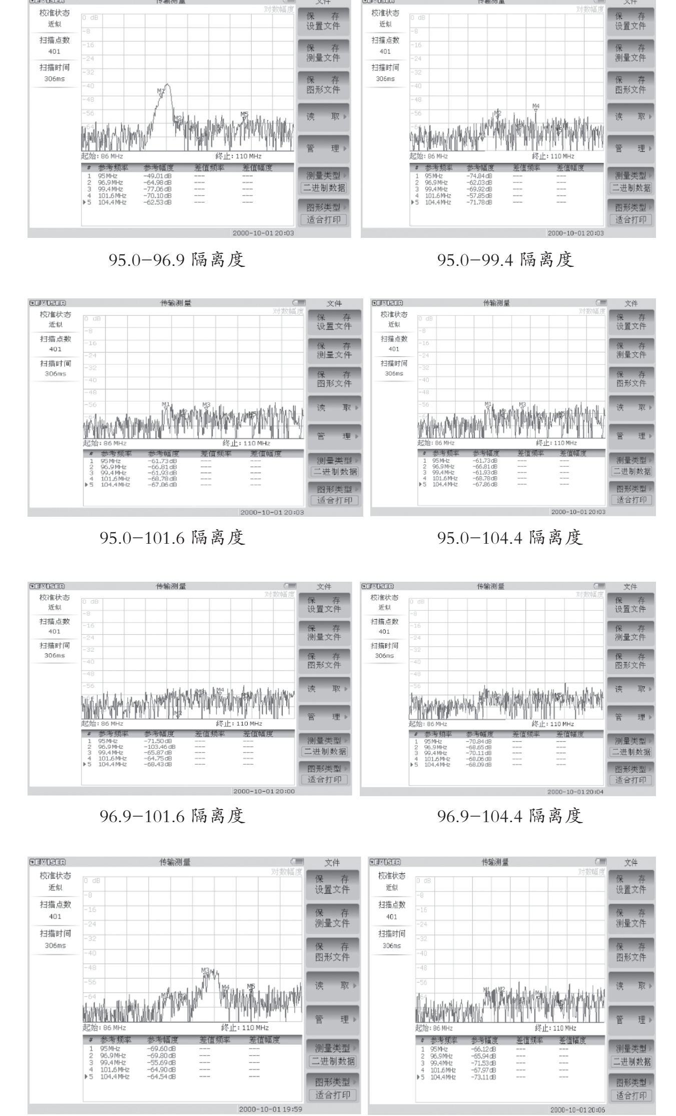


图 4 多工器部分实物图

利用 Deviser 德利网络分析仪对多工器隔离度、插入损耗、反射损耗进行了测试。

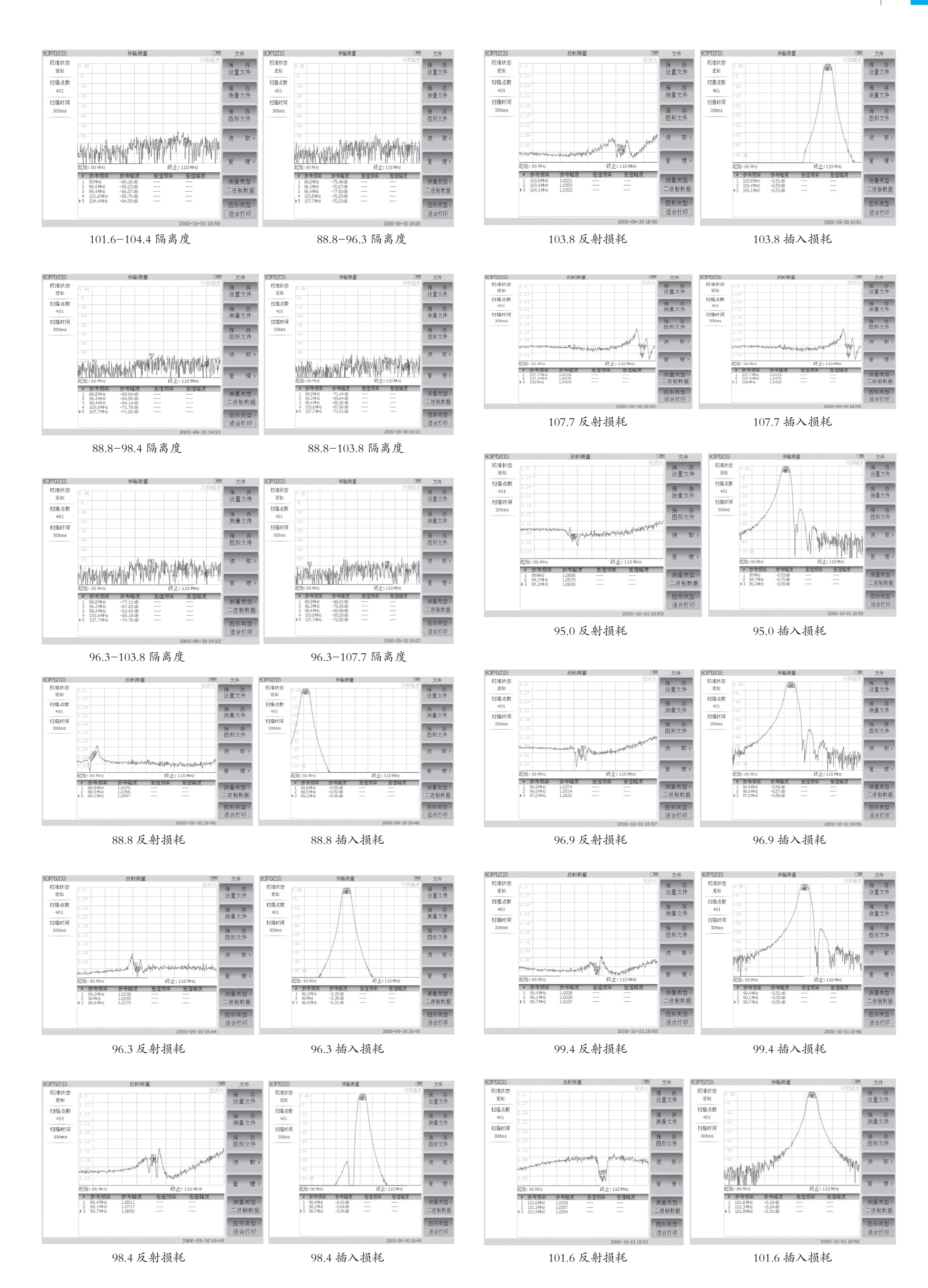


95.0-96.9 隔离度　95.0-99.4 隔离度

95.0-101.6 隔离度　95.0-104.4 隔离度

96.9-101.6 隔离度　96.9-104.4 隔离度

99.4-101.6 隔离度　99.4-104.4 隔离度



101.6−104.4 隔离度

88.8−96.3 隔离度

103.8 反射损耗

103.8 插入损耗

88.8−98.4 隔离度

88.8−103.8 隔离度

107.7 反射损耗

107.7 插入损耗

96.3−103.8 隔离度

96.3−107.7 隔离度

95.0 反射损耗

95.0 插入损耗

88.8 反射损耗

88.8 插入损耗

96.9 反射损耗

96.9 插入损耗

96.3 反射损耗

96.3 插入损耗

99.4 反射损耗

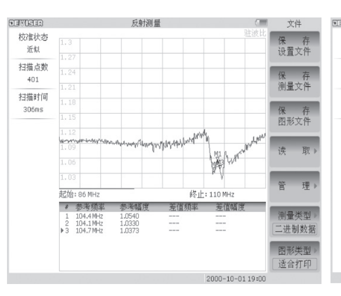
99.4 插入损耗

98.4 反射损耗

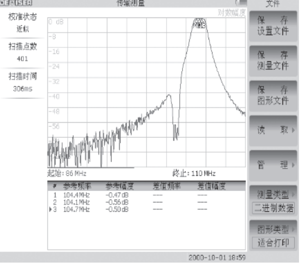
98.4 插入损耗

101.6 反射损耗

101.6 插入损耗



104.4 反射损耗



104.4 插入损耗

第三，同轴硬馈和 1/2”跳接电缆的制作过程中严格计算尺寸，去除毛刺，保证接口连接紧密。安装同轴开关以实现主备天馈线倒换。

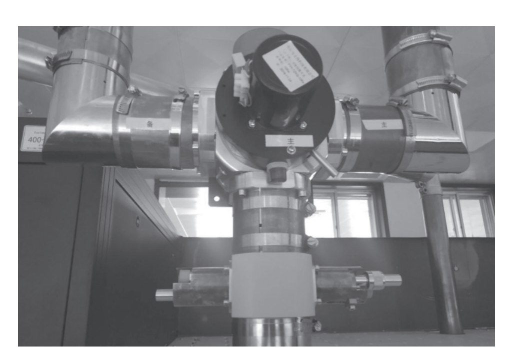


图 5 同轴开关的安装图

第四、安装多工器防尘罩。



图 6 多工器安装完成实物图

在工程完成之后测试发射机时发现有的频点反射过大，分析是由于信号经过传输线发生了相位改变造成的阻抗不匹配，通过改变跳线尺寸使反射达到正常值。

4. 系统指标和实施效果

天馈线系统连接完整后在机房测量多工器指标，电压驻波比≤ 1.10，插入损耗≤ 0.7dB，隔离度≥ 45dB，无可察觉温升。

本项目有效解决了铁塔天线过多负载不均衡、天线近造成的串扰等问题，也提高了发射机的运行效率和安全播出保证。投入运行以来工作稳定，效果令人满意。[6]

项目改造完成后，白山市电视转播台组织技术人员按照《广播节目声音质量主观评价方法和技术指标要求》（GB/T 16463–1996）、《电视、调频广播场强测量方法》（GB/T 14109–1993）相关要求进行了覆盖收测和主观评价，覆盖区域和收听效果达到了预期目标。[7] 下图为 101.6 场强覆盖图。

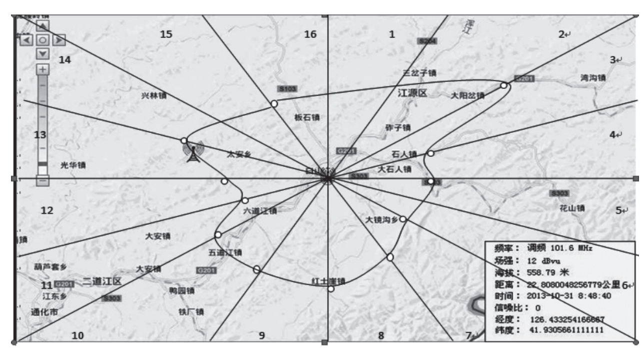


图 6 101.6 场强覆盖图

10 套调频广播节目，因 88.8MHZ 标称功率 300w 能覆盖市区，其他频率覆盖范围：北至柳河县凉水镇；南至三道沟镇滴台 3 队；西至通化市鸭园，水洞附近；东至靖宇和临江边缘，覆盖效果良好，覆盖人口数：市区人口 62 万，通化及周边乡镇约 10 万人，白山市区内覆盖人口约 99%，周边乡镇行政村覆盖人口约 93%。达到了规划覆盖目标。[8]

覆盖收测效果良好，实现了多频点通过多工器共用一套天馈线发射的预期目标，节省了铁塔空间资源，解决了铁塔天线过近引起的频率间的串扰问题，为后续发展提供了空间。媒

参考文献

[1] 段永良，邢艳芳，周洪萍，蔡莉莉 . 现代广播电视发射技术 [M]. 北京：人民邮电出版社，2014.

[2][8] 肖辉，黄克员，兰祥君，王良智 . 调频天线系统改造简析 [J]. 西部广播电视，2021（11）：229–231.

[3] 张占春 . 一种双频段卡塞格伦天线的设计 [J]. 甘肃科技，2021（12）：8–10.

[4] 李善强 . 基于智能体的某型雷达天线测试性建模与虚拟验证 [D]. 武汉：湖北工业大学，2021.

[5] 赵鲁豫，赵阁，刘锋，荆国栋，郭佳音，刘雨嘉 . 多天线系统的电磁耦合及干扰特性研究 [J]. 安全与电磁兼容，2021（3）：12–19.

[6] 谭旭良，徐琥 . 一种毫米波雷达微带阵列天线系统设计研究 [J]. 信息与电脑（理论版），2021（12）：190–192.

[7] 冯家煦，季国田，姜国凯，吴在园 . 整车级收音机天线性能测试方法研究 [J]. 中国汽车，2021（6）：51–56+63.

作者简介：董伟（1988-），男，本科学历，工学学士学位，助理工程师，研究方向：广播电视无线发射。

（责任编辑：张晓婧）